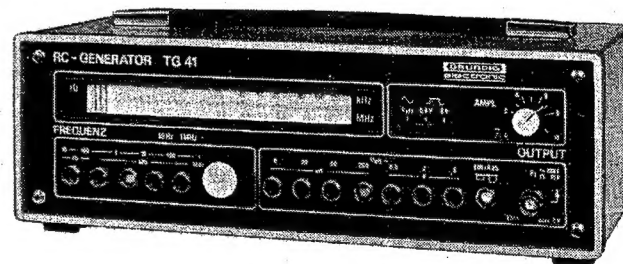


Tongenerator TG 41

BEDIENUNGSANLEITUNG OPERATING INSTRUCTIONS



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Technische Daten	2
3. Zubehör (nach Bedarf)	6
4. Beschreibung	7
4.1 Sinus-Oszillator	8
4.2 Sinus-Endstufe	8
4.3 Schmitt-Trigger	9
4.4 Rechteck-Trennstufe und Endstufe	9
4.5 Netzteil	9
5. Bedienungselemente	11
6. Inbetriebnahme	12
6.1 Netzanschluß	12
6.2 Aufstellung des Gerätes	12
6.3 Einschalten	12
6.4 Anschluß an das Meßobjekt	13
7. Meßvorbereitungen	13
7.1 Frequenzeinstellung	13
7.2 Wahl der Signalform	14
7.3 Einstellen der Ausgangsspannung	14
8. Anwendung	15
8.1 Ermittlung des Eingangswiderstandes eines Verstärkers	15
8.2 Messung der Übersprechdämpfung	17
8.3 Messung der Störspannung eines Verstärkers	18
8.4 Klirrfaktor-Messung	20
8.5 Prüfung digitaler Schaltkreise oder Baugruppen	23
8.6 Prüfung von Verstärkern mit Rechteckspannung	23

List of Contents

	Page
1. Introduction	1
2. Technical Data	2
3. Accessories (on request)	6
4. Description	7
4.1 Sine oscillator	8
4.2 Sine output stage	8
4.3 Schmitt trigger	9
4.4 Square wave buffer and output stage	9
4.5 Power pack	9
5. Controls	11
6. Setting up for use	12
6.1 Power supply	12
6.2 Installation of the Instrument	12
6.3 Switching on	12
6.4 Connection to the Measurement Objekt	13
7. Preparations for Measurement	13
7.1 Frequency Setting	13
7.2 Selection of Signal Shape	14
7.3 Setting of Output Voltage	14
8. Application	15
8.1 Determining the Input Impedance of an Amplifier	15
8.2 Measurement of Cross-Talk Attenuation	17
8.3 Measurement of the Interference Voltage of an Amplifier	18
8.4 Distortion Fctor Measurement	20
8.5 Testing of Digital Circuits or Assemblies	23
8.6 Measurement of Amplifiers with Square Wave Voltage	23

1. Einleitung

Der **RC-Generator TG 41** liefert im Frequenzbereich zwischen 10 Hz und 1 MHz eine amplitudenstabilisierte, sinusförmige Wechselspannung mit sehr kleinem Klirrfaktor. Im gleichen Frequenzbereich kann außerdem auch ein Rechtecksignal mit kleiner Anstiegszeit entnommen werden.

Das Gerät eignet sich als Signalquelle für Messungen an Verstärkern, für Pegel-, Dämpfungs- und Frequenzgangmessungen an Übertragungseinrichtungen sowie zur Speisung von Wechselspannungs-Meßbrücken und zur Fremdmodulation von Prüfsendern.

In Verbindung mit den Millivoltmetern MV 40 oder MV 5/ MV 5-0 ergibt sich ein idealer Meßplatz für Arbeiten an beliebigen NF-Geräten.

Das Rechtecksignal ermöglicht die rasche Überprüfung der Übertragungseigenschaften von Verstärkern.

1. Introduction

The **RC generator TG 41** supplies an amplitude stabilized sine wave AV voltage between the frequency limits of 10 Hz and 1 MHz, having a very low distortion factor. In the same frequency range a square wave signal with little rising time can be derived, too.

The instrument is suited as a signal source for measurements on amplifiers, for level, damping and frequency response measurements of transmission installations as well as for supply of AC voltage to test bridges and to modulate test generators. Combined with the millivoltmeters type MV-40 or MV 5/MV 5-0 it forms an ideal test set-up to work on various types of audio instruments.

The square wave signal allows easy and quick test of transmission characteristics of amplifiers.

2. Technische Daten

Den technischen Daten liegt die DIN 43 745 zugrunde.

Klimatische Bedingungen

Umgebungstemperatur

Nenngebrauchsbereich I:	+5° C ... +40° C
Referenzwert:	23° C
Toleranz des Referenzwertes:	± 1 K
Grenzbereich für Lagerung und Transport:	−20° C ... +60° C

Relative Luftfeuchte

Nenngebrauchsbereich I:	20% ... 80% (ohne Betauung)
Grenzbereich für Lagerung und Transport:	10% ... 90%

Luftdruck

Nenngebrauchsbereich I:	70,0 ... 106,0 kN/m ² (bis 2200 m Höhe)
-------------------------	---

Stromversorgungsbedingungen

Netzstromversorgung

Die Stromversorgung entspricht den VDE-Bestimmungen 0411 (DIN 57 411) Teil 1 10/73, Schutzklasse II.

Nennspannung (Referenzwert):	220 V
Zulässige Abweichung des Referenzwertes:	± 1%
Nenngebrauchsbereich I:	220 V ± 10%

2. Technical Data

It is based on DIN 43 745.

Climatic conditions

Ambient temperature

Nominal operating range I:	+5° C ... +40° C
Reference value:	23° C
Tolerance of the reference value:	± 1 K
Critical range for storage and transport:	−20° C ... +60° C

Relative air humidity

Nominal operating range I:	20% ... 80% (without dewing)
Critical range for storage and transport:	10% ... 90%

Atmospheric pressure

Nominal operating range I:	70.0 ... 106.0 kN/m ² (up to 2,200 m height)
----------------------------	--

Power supply conditions

Mains current supply

Power supply is in accordance with the VDE regulations 0411 (Din 57 411), part 1 10/73, protective class II.

Rated Voltage (reference value):	220 V
Permissible deviation of the reference value:	± 1%
Nominal operating range I:	220 V ± 10%

Nennfrequenz (Referenzwert):	50 Hz
Zulässige Abweichung des Referenzwertes:	$\pm 1\%$
Nenngebrauchsbereich I:	50 Hz $\pm 5\%$
Verzerrung der Netzwechselspannung:	$\beta = 0,05$

Generator

Sinus/Rechteck:	umschaltbar
Frequenzbereich:	10 Hz ... 1 MHz (in 5 dekadischen Teilbereichen)

Fehlergrenzen der Frequenz

Frequenzunsicherheit:	
100 Hz ... 1 MHz	$\leq \pm 3,5\%$
10 Hz ... 100 Hz	$\leq \pm 5\%$
Frequenzänderung bei Netzspannungsänderung:	$\leq \pm 0,1\% / 10\% \Delta U_N$
Temperaturkoeffizient der Frequenz:	$\leq -0,6\% / 10\text{ K}$

Sinus-Ausgangsspannung

Ausgangs-Amplitude U_{Aeff} :	0 ... $\geq 6\text{ V}$ Leerlaufspannung
Änderung der Ausgangs- spannung in Abhängigkeit der Frequenz:	
($U_A \geq 50\text{ mV}$):	$\leq \pm 0,2\text{ dB}$ bezogen auf 1 kHz
Ausgangsspannungsteiler:	10 dB-Schritte in 7 Stufen, Feinteilung $> 10 : 1$

Rated frequency (reference value):	50 Hz
Permissible deviation of the reference value:	$\pm 1\%$
Nominal operating range I:	50 Hz $\pm 5\%$
Distortion of the mains AC voltage:	$\beta = 0.05$

Generator

sine/square wave:	selectable
Frequency range:	10 Hz ... 1 MHz (in 5 decade steps)

Limit of error of the frequency

Frequency accuracy:	
100 Hz ... 1 MHz	$\leq \pm 3.5\%$
10 Hz ... 100 Hz	$\leq \pm 5\%$
Frequency variation at mains voltage variation:	$\leq \pm 0.1\% / 10\% \Delta V_N$
Temperature coefficient of frequency:	$\leq -0.6\% / 10\text{ K}$

Sine output voltage

Output amplitude V_{outR} m.s.:	0 ... $\geq 6\text{ V}$ no-load voltage
Variation of the output level in relation to frequency:	
($V_{out} \geq 50\text{ mV}$)	$\leq \pm 0.2\text{ dB}$ referred to 1 kHz
Output voltage divider:	7 stages in 10 dB steps, fine division $> 10 : 1$

Genauigkeit der Teilung: $\leq \pm 2\%$ ($\leq \pm 3\%$ in
Stellungen 20 mV und 6 mV)

Innenwiderstand: $R_i \sim = 200 \Omega \pm 2\%$
($200 \Omega \pm 3\%$ in Stellungen
20 mV u. 6 mV)

Klirrfaktor ($U_A \geq 300$ mV):

100 Hz ... 30 kHz $\leq 0,1\%$

40 Hz ... 100 Hz $\leq 0,2\%$

30 kHz ... 100 kHz $\leq 0,3\%$

10 Hz ... 40 Hz und

100 kHz ... 600 kHz $\leq 1\%$

Störabstand:

$f = 20$ kHz, $U_A = U_{Amax}$ ≥ 80 dB

Rechteck-Ausgangsspannung

Ausgangs-Amplitude U_{Ass} ca. 60 mV bis ≥ 6 V
(Bereich): Leerlaufspannung

Änderung der Ausgangs-
spannung in Abhängigkeit
der Frequenz: $\leq \pm 1,5\%$
(bezogen auf 1 kHz)

Ausgangsspannungsteiler: 20 dB-Schritte in 2 Stufen,
Feinteilung $> 10 : 1$

Innenwiderstand: $R_i \square = 75 \Omega \pm 5\%$

Anstiegszeit: ≤ 30 ns

Überschwingen $\leq 5\%$ (von 100 mV ... U_{Assmax})
(Anstiegsflanke): bei Abschluß mit $R_i = R_a = 75 \Omega$

Tastverhältnis: 2 : 1 (abgleichbar)

Accuracy of division: $\leq \pm 2\%$ ($\leq \pm 3\%$ in positions
20 mV and 6 mV)

Source impedance: $R_i \sim = 200 \Omega \pm 2\%$
($200 \Omega \pm 3\%$ in positions
20 mV and 6 mV)

Distortion factor ($V_{out} \geq 300$ mV)

100 Hz ... 30 kHz $\leq 0.1\%$

40 Hz ... 100 Hz $\leq 0.2\%$

30 kHz ... 100 kHz $\leq 0.3\%$

10 Hz ... 40 Hz and

100 kHz ... 600 kHz $\leq 1\%$

Signal-to-noise ratio

$f = 20$ kHz, $V_{out} = V_{outmax}$ ≥ 80 dB

Square wave output voltage

Output amplitude V_{outpp} : approx. 60 mV up to ≥ 6 V
(Range): (no-load voltage)

Variation of output level in
relation to frequency: $\leq \pm 1.5\%$ (referred to 1 kHz)

Output voltage divider: 2 stages in 20 dB steps,
fine division $> 10 : 1$

Source impedance: $R_i \square = 75 \Omega \pm 5\%$

Rise time: ≤ 30 ns

Overshoot: $\leq 5\%$ (from 100 mV ...
(Rising slope) $V_{out pp max}$)
when terminated with
 $R_i = R_a = 75 \Omega$

Duty cycle: 2 : 1 (can be aligned)

Verschiedenes

**Höchstzulässige Belastung
am Ausgang:**

Kurzschluß

Ausgangsbuchse:

BNC

Leistungsaufnahme:

$\leq 10 \text{ W}$

Abmessungen:

B x H x T in mm

300 x 112 x 170

Gewicht:

ca. 3 kg

Anmerkung:

Meßwerte und Toleranzen
gelten unter Referenz-
bedingungen nach Erreichen
der Betriebstemperatur
(ca. 10 Min.).

Meßwerte ohne Toleranzen
bzw. ohne Fehlergrenzen
haben nur informativen
Charakter.

Miscellaneous

**Maximum permissible
load at output:**

short circuit

Output socket:

BNC

Power consumption:

$\leq 10 \text{ W}$

Dimensions:

Width 300 mm

Height 112 mm

Depth 170 mm

Weight:

approx. 3 kg

Note:

Measured values and to-
lerances apply for reference
conditions after the operating
temperature has been reached
(appr. 10 min.).

Measured values without
tolerances or limit of error
only serve for information.

3. Zubehör (nach Bedarf)

H.UJ 66-22 Anschlußkabel L 76

Das 1 m lange, flexible Koaxialkabel ist an beiden Enden mit BNC-Steckern versehen.

Wellenwiderstand 75 Ω .

Zum Anschluß des TG 41 an andere Geräte mit BNC-Buchsen.

G.UJ 66-24 Anschlußkabel L 74

Das 1 m lange, flexible Koaxialkabel ist an einem Ende mit einem BNC-Stecker und am anderen Ende mit zwei Bananensteckern versehen und dient zum Anschluß des TG 41 an andere Geräte mit Telefonbuchsen 4 mm.

G.UJ 40-03 Teiler-Tastkopf TK 6

Wird verwendet, wenn NF-Spannungen kleiner als 1 mV benötigt werden. Die vom Tongenerator TG 41 abgegebene Spannung wird 100 : 1 geteilt oder in Stellung 1 : 1 direkt durchgelassen.

H.UY 07-00 Übergangsstück BNC-UHF

Ermöglicht die Verwendung von Zubehörteilen mit Koaxial-UHF-Stecker an Geräten mit BNC-Buchsen.

H.UY 08-00 Übergangsstück UHF-BNC

Ermöglicht die Verwendung von Zubehörteilen mit BNC-Steckern an Geräten mit Koaxial-UHF-Buchsen.

H.UY 10-00 Übergangsstück BNC-Telefonbuchsen (4 mm)

Ermöglicht die Verwendung von Zubehörteilen mit Bananenstecker an Geräten mit BNC-Buchsen.

3. Accessories (on request)

H.UJ 66-22 Connecting Cable L 76

The flexible coaxial cable is 1 m in length and fitted with BNC plugs at both ends.

Characteristic impedance 75 Ω .

To connect the TG 41 with other instruments with BNC sockets.

G.UJ 66-24 Connecting Cable L 74

The flexible coaxial cable is 1 m long and is fitted with a BNC plug at one end two banana plugs at the other. It is used to connect the TG 41 to other sets using banana sockets, of 4 mm diameter.

G.UJ 40-03 Divider Test Prod TK 6

Is used if audio voltages of less than 1 mV are required. The output level of the TG 41 is divided in the ratio 100 : 1 or passed unattenuated in the 1 : 1 position.

H.UY 07-00 Link Terminal BNC-UHF

To connect accessories equipped with coaxial UHF plugs to instruments using BNC sockets.

H.UY 08-00 Link Terminal UHF-BNC

To connect accessories equipped with BNC plugs to instruments using coaxial UHF sockets.

H.UY 10-00 Link Terminal BNC Jack Socket 4 mm

To connect accessories fitted with banana plugs to instruments equipped with BNC sockets.

4. Beschreibung

Die prinzipielle Gliederung des TG 41 und die Wirkungsweise der einzelnen Funktionsstufen können am besten anhand des Blockschaltbildes erläutert werden.

Der RC-Generator TG 41 gliedert sich in die Funktionsstufen

- Sinus-Oszillator
- Sinus-Endstufe
- Schmitt-Trigger
- Rechteck-Trenn- und Endstufe
- Netzteil

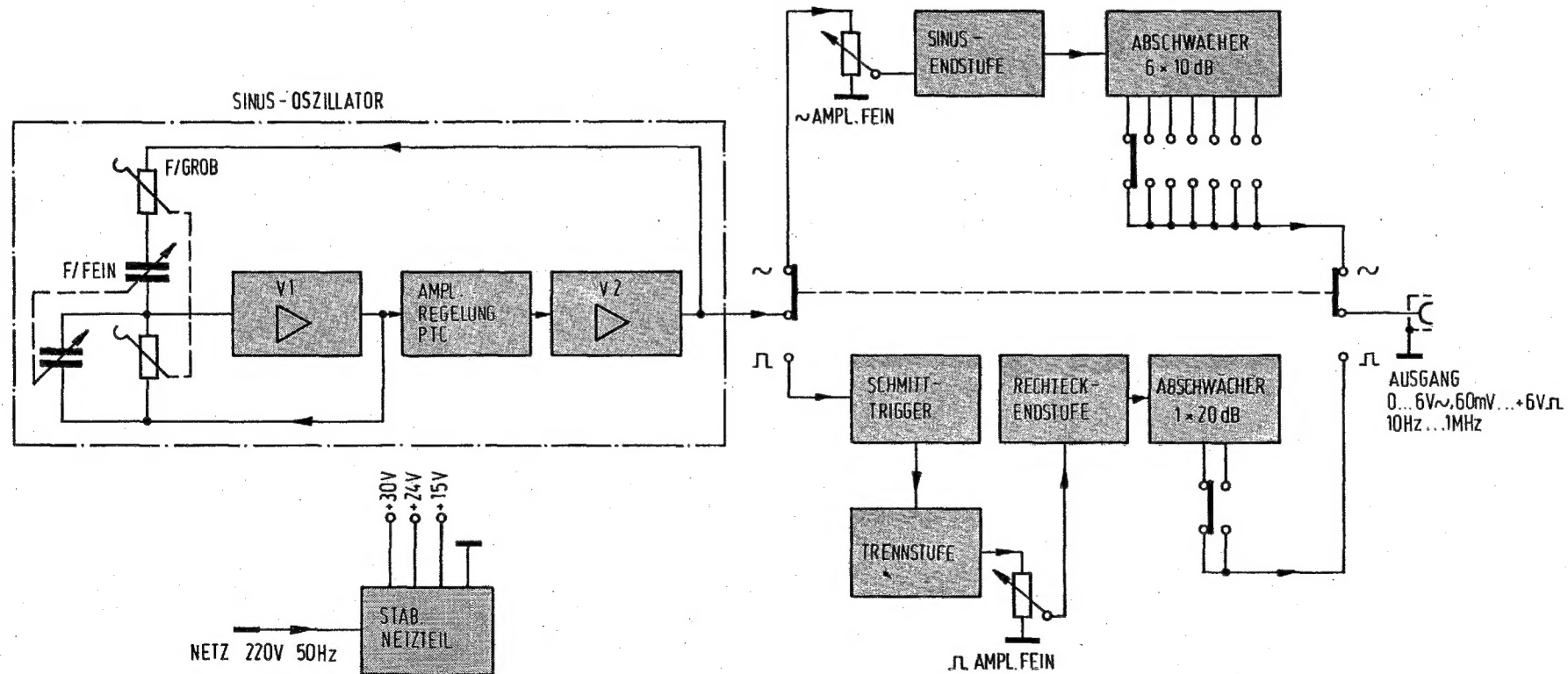


Abb. 1: Blockschaltbild

4. Description

The main arrangement of the TG 41 and the mode of operation of the function stages can be explained best by means of the block schematic diagram.

The RC generator is composed of

- sine oscillator
- sine output stage
- Schmitt trigger
- square wave buffer and output stage
- power pack

Fig. 1: Block schematic diagram

4.1 Sinus-Oszillator

Der frequenzbestimmende Teil des Oszillators wird durch eine Wien-Brücke gebildet. Die Wien-Brücke ist eine Reihenschaltung von Hoch- und Tiefpaß.

Der Fußpunkt des Parallelgliedes liegt nicht wie üblich an Masse, sondern dient als Einspeisepunkt der Gegenkopplung der ersten Verstärkerstufe V 1 (siehe Blockschaltbild). Aus diesem Grund und durch Verwendung eines Feldeffekttransistors (T 101) als Impedanzwandler ist es möglich, einen Zweifach-Drehkondensator zur Frequenzeinstellung zu verwenden.

Als Regel- und Stellglied wird zur Amplitudenstabilisierung ein Kaltleiter (durch besondere Maßnahmen gegen Stöße unempfindlich gemachte Glühlampe La 101) verwendet. Er befindet sich im Rückkopplungszweig zwischen erster und zweiter Verstärkerstufe (V 1 und V 2). Die Ausgangsspannung des Oszillators wird durch Veränderung der Gegenkopplung in der zweiten Verstärkerstufe (V 2) mit R 125 eingestellt.

Die angewendete Verstärkerschaltung (Treiberstufe mit Komplementärstufe) zeichnet sich durch geringes Eigenrauschen, niedrigen Klirrfaktor und stabilen Arbeitspunkt aus.

4.2 Sinus-Endstufe

Durch die Anordnung der Sinus-Endstufe zwischen Oszillator und Generatorausgang werden Rückwirkungen auf den Oszillator bei Belastungsänderungen vermieden. Außerdem kann vor der Trennstufe eine kontinuierliche Einstellung der Ausgangsspannung vorgenommen werden, ohne daß sich dadurch der Generatorinnenwiderstand ändert.

4.1 Sine oscillator

The frequency determining section of the oscillator is formed by a Wien bridge. The Wien bridge is a series combination of a high pass and a low pass filter.

The reference point of the parallel component is not connected to chassis as is usual but forms the feed point for the feedback supply to the first amplifier stage V 1 (see blockschematic diagram). For this reason and the use of a field effect transistor (T 101) used as an impedance transformer, it is possible to take a twin tuning capacitor to set frequency.

The control and setting components used for the amplitude stabilization contain a bulb La 101 which has been made insensitive against vibration by special measures. It is contained in the feedback loop between the first and second amplifier stage (V 1 and V 2). The oscillator output voltage is set by altering the feedback in the second amplifier stage (V 2), using R 125.

The amplifier circuit used (driver stage with complementary stage) has a very low internal noise generation, a low distortion factor and operating point stability.

4.2 Sine output stage

The use of a sine output stage between oscillator and generator output reduces an interaction on the oscillator by load variation. It is also possible to set the output voltage continuously, without altering the generator source impedance.

Der nach der Komplementärstufe folgende Spannungs-Grobteiler ist so ausgeführt, daß sein Ausgangswiderstand in jeder Teilerstellung gleich bleibt. Dieser Grobteiler ist als integriertes Widerstandsnetzwerk in Dünnschichttechnik ausgeführt.

4.3 Schmitt-Trigger

Der Schmitt-Trigger (Transistor T 113, T 114, T 115) wird in den Stellungen „□“ des Umschalters „Sinus-Rechteck“ vom Sinus-Generator angesteuert und erzeugt aus dem Sinus-Signal ein in der Frequenz unverändertes Rechtecksignal. Das Tastverhältnis kann mit dem an der Rückseite des Gerätes zugänglichen Drehwiderstand R 153 eingestellt werden. Die maximale Ausgangsspannung wird mit R 155 justiert.

4.4 Rechteck-Trennstufe und Endstufe

Der dem Schmitt-Trigger folgende Transistor T 116 dient als Trennstufe. Dadurch ist es möglich, vor der Endstufe eine kontinuierliche Einstellung der Ausgangsspannung vorzunehmen, ohne daß sich der Generatorinnenwiderstand ändert.

Außerdem werden Rückwirkungen auf die Rechteckform des Schmitt-Triggers bei der kontinuierlichen Spannungseinstellung weitgehend vermieden.

Die folgende Endstufe (Transistor T 117) arbeitet als Emitterfolger.

Anschließend folgt ein Spannungs-Grobteiler, der so ausgeführt ist, daß sein Ausgangswiderstand unabhängig von der Teilerstellung gleich bleibt.

The voltage coarse control following the complementary stage is so designed that its output impedance remains constant regardless of the switch position. This coarse divider is executed as an integrated resistance network in thin-film technique.

4.3 Schmitt trigger

In positions "□" of the selector switch "sine – square wave", the Schmitt trigger (transistor T 113, T 114, T 115) is driven by the sine wave generator and generates a square wave signal out of the sine signal which is invariable in frequency. The duty cycle can be set with the variable resistor R 153 accessible from the rear of the unit. Maximum output voltage is set with R 155.

4.4 Square wave buffer and output stage

Transistor T 116 following the Schmitt trigger serves as a buffer stage. Therefore it is possible to set the output voltage continuously before the final stage without changing the source impedance of the generator.

Furthermore interactions on the rectangle of the Schmitt trigger are almost excluded due to continuous setting of the output voltage.

The following final stage (transistor T 117) serves as an emitter follower.

Then follows the voltage coarse divider which is executed in a way that its output impedance remains constantly independent of the divider position.

4.5 Netzteil

Der Netztransformator ist für 220 V-Netzspannung ausgelegt. Die Sicherungen und der Netzschalter liegen im Sekundärkreis. Die Betriebsspannungen 30 V, 24 V und 15 V werden stabilisiert.

4.5 Power pack

The mains transformer is intended for operation at 220 V. The fuses and the mains switch are in the secondary circuit. Operating voltages of 30 V, 24 V and 15 V are stabilized.

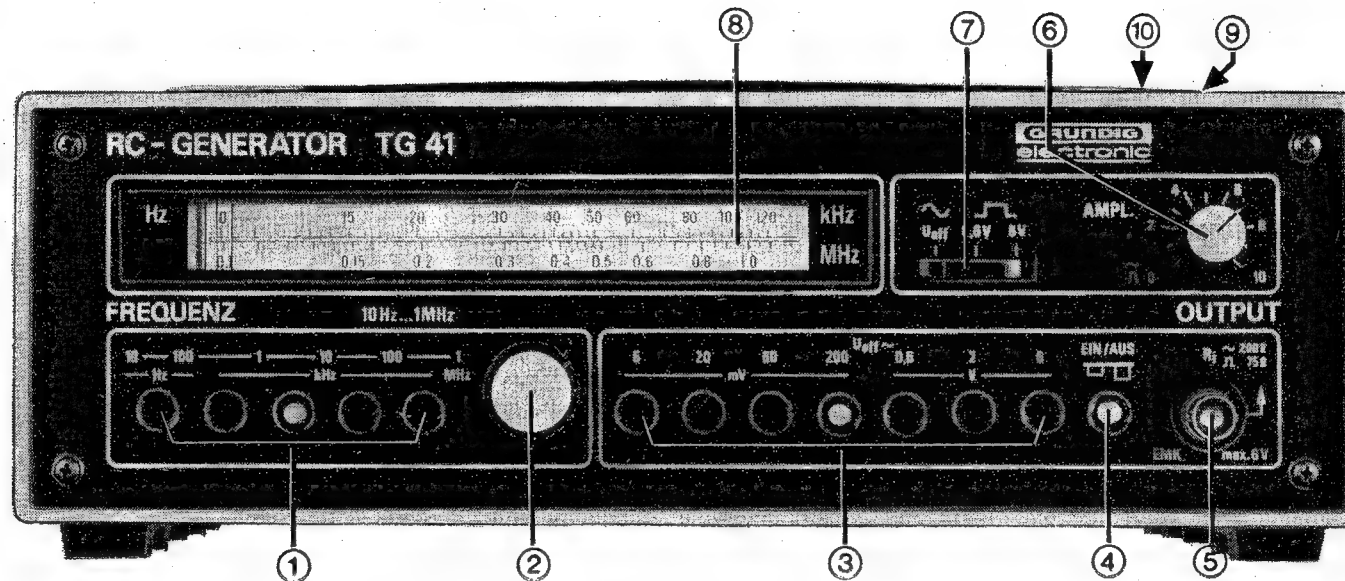


Abb. 2: Frontansicht des TG 41

Fig. 2: Front of TG 41

5. Bedienungselemente

Tastenschalter zur Wahl des Frequenzbereiches
(5 Bereiche: 10 Hz ... 100 Hz, 100 Hz ... 1 kHz,
1 kHz ... 10 kHz, 10 kHz ... 100 kHz,
100 kHz ... 1 MHz)

Drehknopf zur genauen Frequenz-Einstellung
innerhalb des gewählten Frequenz-Bereiches.

Tastenschalter zur Vorwahl der maximalen Sinus-
Ausgangsspannung in 7 Stufen, je 10 dB.

Netzschalter (sekundär, zweipolig)

Ausgangsbuchse für Sinus- und Rechtecksignal

Drehknopf zum genauen Einstellen der Ausgangs-
spannung des Sinus- und Rechtecksignales.

Umschalter: Sinus-Signal/Rechteck-Signal max. 0,6 V/
Rechteck-Signal max. 6 V

Frequenzskala mit Skalenzeiger

Rückseite:

Einstellwiderstand, zum Abgleich der Rechteck-
Symmetrie

Massebuchse

5. Controls

①

Switch for selection of frequency range
(5 ranges: 10 Hz ... 100 Hz, 100 Hz ... 1 kHz,
1 kHz ... 10 kHz, 10 kHz ... 100 kHz,
100 kHz ... 1 MHz)

②

Rotary switch for exact frequency adjustment within
the selected frequency range.

③

Switch button to preselect the maximum sine wave
output voltage in 7 stages at 10 dB steps.

④

Mains switch (secondary, bipolar)

⑤

Output socket for sine and square wave signal

⑥

Rotary control for exact setting of the output
voltage of the sine and square wave signal.

⑦

Selector switch: sine wave signal/square wave signal
maximum 0.6 V/square wave signal max. 6 V

⑧

Frequency scale with pointer

Rear panel:

⑨

Adjustable resistor to align the square wave
symmetry.

⑩

Ground socket

6. Inbetriebnahme

6.1 Netzanschluß

Das Gerät ist für eine Netzspannung von 220 V vorgesehen. Der Anschluß des schutzisolierten Gerätes (Schutzklasse II nach VDE 0411) an das Netz erfolgt über ein zweipoliges Netzkabel ohne Schutzkontakt.

6.2 Aufstellung des Gerätes

Beim Betrieb des RC-Generators ist darauf zu achten, daß sich in unmittelbarer Nähe kein anderes Gerät mit starker Wärmeentwicklung befindet.

Zu beachten ist, daß die Gummifüße des Gerätes durch Einwirken des Weichmachers auf empfindlichen Oberflächen Farbveränderungen hervorrufen können.

Am Gehäuseboden des Gerätes ist ein Aufstellbügel angebracht, der zur besseren Handhabung ausgeklappt werden kann.

6.3 Einschalten

Durch Drücken der Taste ④ wird das Gerät eingeschaltet. Das rote Feld im Knopf der gedrückten Taste signalisiert den „EIN“-Zustand.

Für exakte Messungen empfiehlt sich eine Anlaufzeit von ca. 10 Minuten.

6. Setting up for use

6.1 Power supply

The instrument is intended for 220 V. Connection of the insulated instrument (protective class II according to VDE 0411) to mains is made across a two-pin power cable without earthing contact.

6.2 Installation of the Instrument

When operating the RC generator make sure no other instrument generating large amounts of heat is close by.

Note! The rubber feet of the unit may cause color changes on delicate surfaces due to the effect of the softener.

A stirrup is mounted on the bottom of the unit and can be swung out for better handling.

6.3 Switching on

The instrument is switched on by depressing key ④. The red field in the depressed key indicates the "on" position.

To obtain exact measurements it is recommended to have a warming-up period of approximately 10 minutes.

6.4 Anschluß an das Meßobjekt

An die Ausgangsbuchse ⑤ können die verschiedenen Zubehörteile (siehe Abschnitt 3) angeschlossen werden. Zu beachten ist, daß der Ausgang galvanisch gekoppelt ist und daher nicht mit äußeren Spannungen belastet werden darf.

Masseverbindungen können über Buchse ⑩ (Geräterückseite) vorgenommen werden.

6.4 Connection to the Measurement Object

The various accessory parts (see paragraph 3) can be connected to output socket ⑤.

Mind that the output is DC-coupled and must therefore not be loaded with external voltages.

Ground connections can be made across socket ⑩ (rear of the instrument).

7. Meßvorbereitungen

7.1 Frequenzeinstellung

Der gewünschte Frequenzbereich wird durch Drücken einer der Tasten ① gewählt. Die genaue Frequenz wird mit Drehknopf ② auf Skala ⑧ eingestellt.

Zu beachten ist, daß zu dem Bereich 100 kHz ... 1 MHz die untere Teilung der Skala ⑧ gehört. Für alle anderen Bereiche wird die obere Skala verwendet.

7. Preparations for Measurement

7.1 Frequency Setting

The requested frequency range is selected by depressing one of the keys ①. The exact frequency is set with knob ② on scale ⑧.

Note that the lower graduation of scale ⑧ belongs to the range 100 kHz ... 1 MHz. The upper scale is used for all other ranges.

7.2 Wahl der Signalform

Das Ausgangssignal kann wahlweise als Sinus- oder Rechteckspannung entnommen werden. Zur Umschaltung dient Schalter ⑦.

In der linken Raststelle dieses Schalters liegt am Ausgang ein Sinus-Signal, in der mittleren und rechten Raststelle ein Rechtecksignal.

Die Frequenz des Signals ändert sich durch die Umschaltung nicht.

Mit Einstellwiderstand ⑨, der an der Rückwand des Gerätes zugänglich ist, kann die Symmetrie des Rechtecksignals eingestellt werden. Hierzu ist das Rechteckausgangssignal auf einem Oszilloskop darzustellen.

7.3 Einstellen der Ausgangsspannung

Die Feineinstellung der Ausgangsspannung wird für Sinus- und Rechtecksignal mit Drehknopf ⑥ vorgenommen.

Die mit diesem Drehknopf einstellbare, maximale Ausgangsspannung muß für Sinus- und Rechtecksignal getrennt gewählt werden:

Sinussignal

Die maximale Ausgangsspannung kann durch Drücken der entsprechenden Taste des 7stufigen Spannungsteilers ③ festgelegt werden.

Rechtecksignal

Die maximale Ausgangsspannung wird mit Schalter ⑦ festgelegt. Sie beträgt in der mittleren Raststellung 0,6 V, in der rechten Raststellung 6 V.

7.2 Selection of Signal Shape

At option the output signal can be derived either as a sine or a square wave voltage. Switch ⑦ serves for selection.

In the left rest position of this switch, a sine signal is available at the output and in the middle and right rest position a square wave signal.

The frequency of the signal is not changed by the switch-over.

The symmetry of the square wave signal can be set with adjustable resistor ⑨ accessible at the rear of the instrument. For this the square wave output signal has to be displayed on an oscilloscope.

7.3 Setting of Output Voltage

Fine adjustment of the output voltage for the sine and the square wave signal is made with rotary control ⑥.

The maximum output voltage set with this control, has to be selected separately for sine and square wave signal.

Sine Wave Signal

The maximum output voltage can be determined by depressing the respective key of the 7-stage voltage divider ③.

Square Wave Signal

The maximum output voltage is determined with switch ⑦. In the mean rest position it is 0.6 V, in the right rest position 6 V.

8. Anwendung

Die nachfolgend aufgeführten Anwendungsbeispiele können bei weitem nicht alle Einsatzmöglichkeiten des RC-Generators TG 41 umreißen; sie sollen lediglich einige elementare Anwendungen zeigen.

8.1 Ermittlung des Eingangswiderstandes eines Verstärkers

Der Eingangswiderstand eines Verstärkers ist eine Funktion der Frequenz. Im Tonfrequenzbereich kann er aber vielfach als konstant und reell angesetzt werden.

Aus verschiedenen Gründen (Koppelkondensator etc.) kann der Eingangswiderstand nicht gleichstrommäßig mit einem Ohmmeter gemessen werden.

Die nachstehende Meßanordnung erlaubt es jedoch, die Bestimmung des Eingangswiderstandes auf eine gleichstrommäßige Widerstandsbestimmung zurückzuführen.

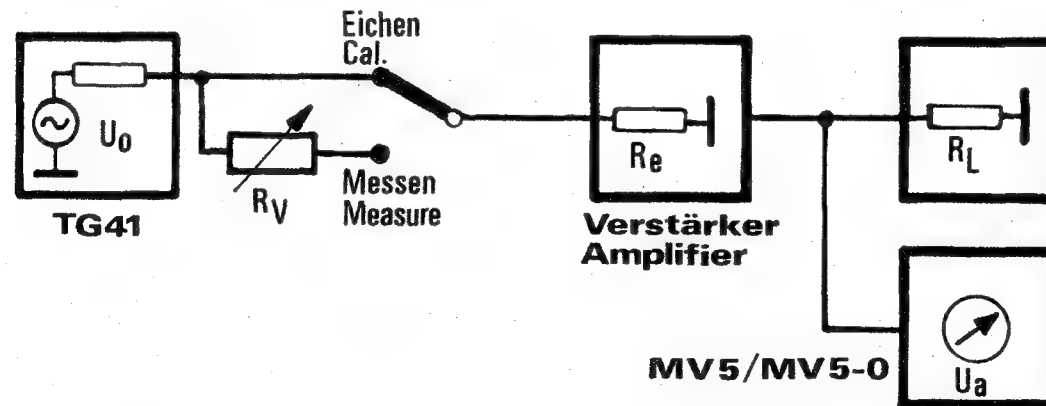


Abb. 3: Anordnung zur Ermittlung des Eingangswiderstandes.

8. Application

The applications for use listed below can of course not include all the possibilities of use of the RC generator TG 41 but they shall only show some elementary applications.

8.1 Determining the Input Impedance of an Amplifier

The input impedance of an amplifier is a function of the frequency. In the audio frequency range it can be assumed to be constant and real.

For various reasons (coupling capacitor, etc.) it is not possible to measure the input impedance with a resistance meter, using a DC measurement.

The below test set-up, however, allows determination of the input impedance based on a DC resistance measurement.

Fig. 3: Test set-up to determine the input impedance

Der Meßvorgang:

RC-Generator auf Frequenz 1 kHz einstellen, Schalter ⑦ auf linke Raststelle (Sinus-Ausgang). In Stellung „Eichen“ des Schalters wird mit dem Lautstärkeregler des Verstärkers oder mit dem Abschwächer ③ bzw. ⑥ des TG 41 der Zeiger des angeschlossenen Millivoltmeters in einem passenden Bereich auf 100 Skalenteile eingestellt. Der Verstärker braucht dabei nicht voll ausgesteuert sein, darf aber nicht übersteuert werden.

$$\text{Es gilt: } U_{a1} = V \cdot U_{e1} \quad \textcircled{1} \quad U_{e1} = U_o \frac{R_e}{R_e + R_i} \quad \textcircled{2}$$

Nun wird der Schalter in Stellung „Messen“ gebracht. Der Vorwiderstand R_v ist so einzustellen, daß das Millivoltmeter 50 Skalenteile anzeigt. Damit gelten jetzt folgende Beziehungen:

$$U_{a2} = V \cdot U_{e2} \quad \textcircled{3} \quad U_{e2} = U_o \frac{R_e}{R_e + R_i + R_v} \quad \textcircled{4}$$

$$\text{Da nun } U_{a2} = \frac{U_{a1}}{2} \text{ ist, entspricht } U_{e2} = \frac{U_{e1}}{2}$$

In Gleichung ④ und ② eingesetzt erhält man:

$$\frac{R_e}{R_e + R_i + R_v} = \frac{R_e}{2(R_i + R_e)}$$

Daraus folgt: $R_e = R_v - R_i$

Der eingestellte Vorwiderstand kann nun mit einem Ohmmeter gemessen, oder bei Verwendung einer Widerstandskade o. ä. abgelesen werden. Durch Subtraktion erhält man dann den Eingangswiderstand des Verstärkers bei $f = 1 \text{ kHz}$.

Test Procedure:

Set RC generator to 1 kHz, switch ⑦ to the left rest position (sine output). In the "calibration" position the amplifier volume control or the attenuator ③ or ⑥ resp. of the TG 41 is used to move the pointer of the connected millivoltmeter onto 100 scale divisions of a suitable range. It is not necessary to fully drive the amplifier, however it must not be overdriven.

The following applies:

$$V_{out1} = V \cdot V_{in1} \quad \textcircled{1} \quad V_{in1} = V_o \frac{R_e}{R_e + R_i} \quad \textcircled{2}$$

The switch is now set to the "measurement" position and the series resistor R_v is set to indicate 50 scale divisions on the millivoltmeter. The following relationship now applies:

$$V_{out2} = V \cdot V_{in2} \quad \textcircled{3} \quad V_{in2} = V_o \frac{R_e}{R_e + R_i + R_v} \quad \textcircled{4}$$

$$\text{Since } V_{out2} = \frac{V_{out1}}{2} \text{ it follows that } V_{in2} = \frac{V_{in1}}{2}$$

Applied into formula ④ and ② we now have:

$$\frac{R_e}{R_e + R_i + R_v} = \frac{R_e}{2(R_i + R_e)}$$

It now follows that: $R_e = R_v - R_i$

The series resistor can now be measured with an ohmmeter, or can be read if a resistance decade or similar has been used. The amplifier input impedance at 1 kHz is now obtained by subtraction.

8.2 Messung der Übersprechdämpfung

Bei Stereo-Betrieb eines NF-Verstärkers spricht man von Übersprechen, wenn Informationen eines Kanals teilweise auf den anderen Kanal gelangen.

Zur Messung des Übersprechens wird ein Kanal mit dem RC-Generator TG 41 voll ausgesteuert und der Ausgangspegel am Lastwiderstand gemessen. Der zweite Kanal wird am Eingang mit einem Ersatzwiderstand nach Angabe des Herstellers abgeschlossen und der durch Übersprechen verursachte, geringe Ausgangspegel am Lastwiderstand dieses Kanals ebenfalls gemessen.

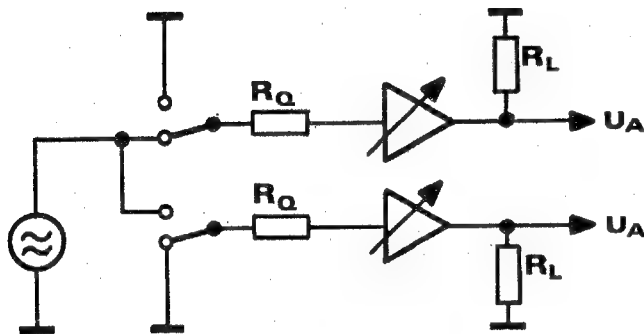


Abb. 4: Anordnung zum Messen des Übersprechens

Der Lautstärkeregler ist hierbei voll aufgedreht, die den Frequenzgang beeinflussenden Bedienungselemente werden auf linearen Übertragungsbereich eingestellt.

8.2 Measurement of Cross-Talk Attenuation

At stereo operation of an audio amplifier we speak of cross-talk when information of one channel gets partly to another channel.

To measure crosstalk one channel is fully driven with the RC generator TG 41 and the output level is measured at the load impedance. The input of the second channel is terminated with a resistance indicated by the manufacturer. The low output level at the load impedance of this channel caused by the crosstalk is also measured.

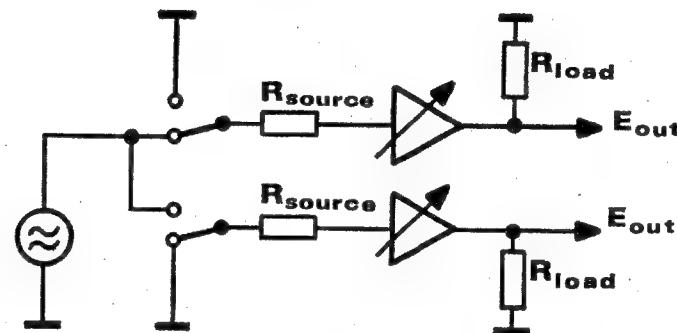


Fig. 4: Test set-up to measure crosstalk

The volume control is turned to maximum and the operating controls influencing the frequency response are set to the linear transmission range.

Das Übersprechdämpfungsmaß in Dezibel erhält man dann nach der Formel

$$n \text{ (dB)} = 20 \cdot \text{Log} \frac{U_1}{U_2}$$

Beispiel: Nennspannung: 6,32 V, Störspannung: 6,3 mV

$$n \text{ (dB)} = 20 \cdot \text{Lg} \frac{6,3 \text{ mV}}{6,32 \text{ V}} = 20 \cdot \text{Lg} \frac{1}{1000} = 20 \cdot (-3) = -60 \text{ dB}$$

We get the measure of the crosstalk attenuation in decibel according to the following formula:

$$n \text{ (dB)} = 20 \cdot \text{Log} \frac{V_1}{V_2}$$

Example: rated voltage: 6.32 V, interference voltage: 6.3 mV

$$n \text{ (dB)} = 20 \cdot \text{Lg} \frac{6.3 \text{ mV}}{6.32 \text{ V}} = 20 \cdot \text{Lg} \frac{1}{1000} = 20 \cdot (-3) = -60 \text{ dB}$$

8.3 Messung der Störspannung eines Verstärkers

Der Störabstand eines $H_i - F_i$ -Verstärkers soll kontrolliert werden. Die technischen Daten nach Angabe des Herstellers sind: $P_o = 25 \text{ Watt}$, $R_L = 4 \Omega$. Störabstand bei Vollaussteuerung = 80 dB bezogen auf den Eingang „Mikrofon“.

$$R_e = 200 \Omega, U_e = 3 \text{ mV}.$$

Die Ausgangsspannung am Belastungswiderstand bei Vollaussteuerung beträgt demnach:

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{25 \cdot 4} = 10 \text{ V}$$

8.3 Measurement of the Interference Voltage of an Amplifier

The signal-to-noise ratio of a Hi-Fi amplifier shall be checked. Technical specifications according to the manufacturer are: $P_{out} = 25 \text{ Watt}$, $R_L = 4 \Omega$. Signal-to-noise ratio at maximum voltage = 80 dB referred to the input "microphone".

$$R_e = 200 \Omega, V_{in} = 3 \text{ mV}$$

The output voltage at the load resistance when fully driven is therefore:

$$V = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{25 \cdot 4} = 10 \text{ V}$$

Meßvorgang:

An den Verstärkereingang wird der RC-Generator TG 41 mit einer Spannung von 3 mV und einer Frequenz von 1 kHz gelegt.

Die Ausgangsspannung U_{nA} wird am Belastungswiderstand gemessen und mit dem Lautstärkereglern des Verstärkers auf 10 V eingestellt.

Anschließend wird der TG 41 vom Verstärkereingang getrennt und an dessen Stelle ein Abschlußwiderstand von 200Ω angeschlossen. Jetzt wird die am Verstärkerausgang stehende Störspannung U_{SA} gemessen.

Beispiel:

Der Störspannungsabstand errechnet sich zu

$$P_s = 20 \lg \frac{U_{SA}}{U_{nA}} = 20 \lg \frac{1 \text{ mV}}{10 \text{ V}} = 20 \lg \frac{1}{10\,000} \\ = 20 \cdot (-4) = -80 \text{ dB}$$

-10 dB \triangleq	0,316	$\cdot U_{nA}$
-20 dB \triangleq	0,1	$\cdot U_{nA}$
-30 dB \triangleq	0,0316	$\cdot U_{nA}$
-40 dB \triangleq	0,01	$\cdot U_{nA}$
-50 dB \triangleq	0,00316	$\cdot U_{nA}$
-60 dB \triangleq	0,001	$\cdot U_{nA}$
-70 dB \triangleq	0,000316	$\cdot U_{nA}$

Test Procedure:

The RC generator TG 41 is connected to the amplifier input with a voltage of 3 mV and a frequency of 1 kHz. The output voltage V_{nlout} is measured at the load impedance and is set to 10 V with the volume control of the amplifier.

Then the TG 41 is disconnected from the amplifier input and a terminating impedance of 200Ω is connected. Instead. Now the interference voltage V_{Iout} available at the amplifier output is measured.

Example:

The relation of the interference voltage is computed

$$P_I = 20 \lg \frac{V_{Iout}}{V_{nlout}} = 20 \lg \frac{1 \text{ mV}}{10 \text{ V}} = 20 \lg \frac{1}{10\,000} \\ = 20 \cdot (-4) = -80 \text{ dB}$$

-10 dB \triangleq	0,316	$\cdot V_{nlout}$
-20 dB \triangleq	0,1	$\cdot V_{nlout}$
-30 dB \triangleq	0,0316	$\cdot V_{nlout}$
-40 dB \triangleq	0,01	$\cdot V_{nlout}$
-50 dB \triangleq	0,00316	$\cdot V_{nlout}$
-60 dB \triangleq	0,001	$\cdot V_{nlout}$
-70 dB \triangleq	0,000316	$\cdot V_{nlout}$

8.4 Klirrfaktor-Messung

Der RC-Generator TG 41 ist wegen seines geringen Eigen-Klirrfaktors für diese Messung besonders geeignet.

8.4 Distortion Factor Measurement

The low distortion factor of the RC generator TG 41 makes it particularly suited for this type of measurement.

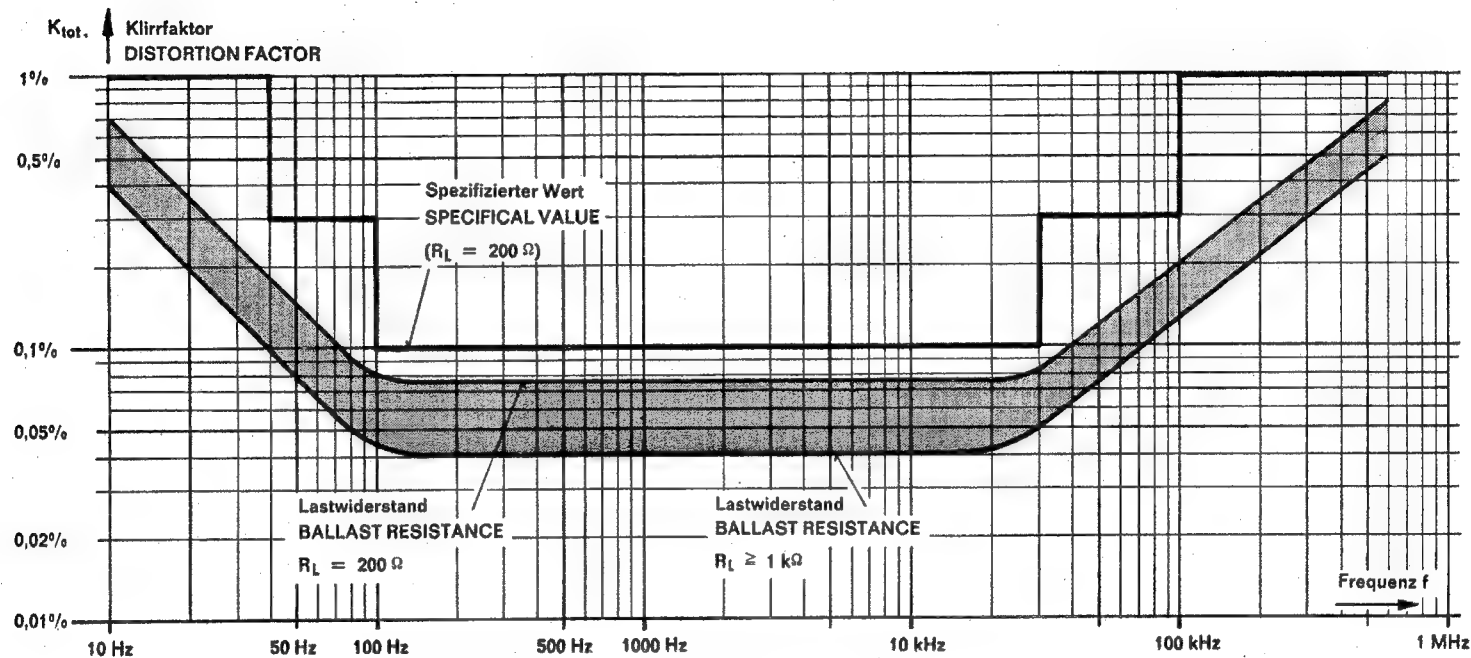


Abb. 5: Typischer Verlauf des Klirrfaktors bei max. Ausgangsspannung

Fig. 5: Typical curve of the distortion factor at maximum output voltage

Von den verschiedenen Methoden, den Klirrfaktor eines Signals zu bestimmen, wird die der Grundwellenaussiebung (K_{ges} -Messung) beschrieben.

There are various methods for measuring the distortion factor of a signal but here we describe the filtering of the fundamental (K_{tot} measurement).

Als zusätzliches Meßgerät wird die Kombination MV 5-0/KM 5 A verwendet. Mit diesen Geräten lassen sich auch K₃- und Geräuschspannungsmessungen durchführen, außerdem werden durch das im MV 5-0 eingebaute Oszilloskopteil eventuelle Brummschleifen sofort erkannt.

Gibt man auf den Eingang eines nichtlinearen Systems eine rein sinusförmige Spannung mit der Frequenz f, so treten am Ausgang außer der Frequenz f noch Spannungen mit ganzzahligen Vielfachen der Frequenz f auf, sogenannte Oberwellen oder Harmonische.

Als Klirrfaktor ist definiert (DIN 45 403):

$$K_{\text{ges}} = \frac{\text{effektive Summe aller Oberwellen}}{\text{effektive Summe aus Grundwelle und Oberwellen}}$$

$$K_{\text{ges}} = \frac{\sqrt{U_{2f}^2 + U_{3f}^2 + U_{4f}^2 + \dots U_{nf}^2}}{\sqrt{U_f^2 + U_{2f}^2 + U_{3f}^2 + U_{4f}^2 + \dots U_{nf}^2}} \cdot 100 (\%)$$

Den Klirrfaktor erhält man also, wenn man den Effektivwert des verklärten Signals einmal mit und einmal ohne Grundwelle (U_f) mißt und das Verhältnis beider Meßwerte zueinander bildet.

Abb. 6 zeigt das Blockschaltbild für die Klirrfaktormessung. Der Klirrfaktor kann an einem beliebigen Vierpol gemessen werden, an dem eine Mindestspannung von 100 mV_{eff} zur Verfügung steht.

The MV 5-0/KM 5 A is used as an additional measuring instrument. It also allows measurement of the third harmonic distortion content and the measurement of noise levels. The oscilloscope stage contained in the MV 5-0 also allows the identification of hum loops, etc.

If a purely sinusoidal signal with the frequency f is applied to a non-linear system, then in addition to the frequency f, voltages of a whole multiple of the frequency f, i.e. harmonics, will also appear across the output.

DIN 45 403 defines as the distortion factor:

$$K_{\text{tot}} = \frac{\text{effective sum total of all harmonics}}{\text{effective sum total of fundamental and harmonics}}$$

$$K_{\text{tot}} = \frac{\sqrt{V_{2f}^2 + V_{3f}^2 + V_{4f}^2 + \dots V_{nf}^2}}{\sqrt{V_f^2 + V_{2f}^2 + V_{3f}^2 + V_{4f}^2 + \dots V_{nf}^2}} \cdot 100 (\%)$$

The distortion factor is, therefore, obtained by measuring the effective value of the total signal once with and once without the fundamental component V_f and then one forms the ratio between the two values.

Figure 6 shows the blockschematic diagram for distortion factor measurements. The distortion factor can be measured at any type of four-pole, delivering a minimum output level of 100 mV_{rms}.

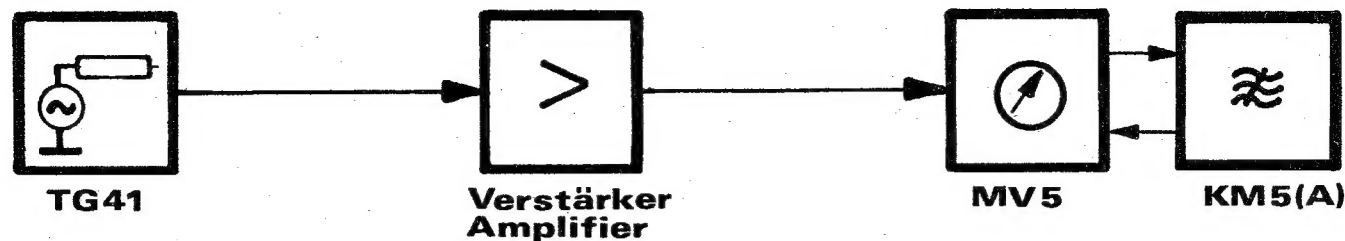


Abb. 6: Meßanordnung zur Prüfung des Klirrfaktors

Meßvorgang:

Das Meßsignal wird dem Eingang „b“ des MV 5-0 zugeführt. Am MV 5-0 ist die Taste „Filter“ zu drücken, am KM 5 A die Tasten „1000 Hz- K_{ges} “ und „Cal. 0 dBV“. Der Meßbereichschalter Kanal „b“ des MV 5-0 wird so eingestellt, daß mit dem Regler „Cal.“ des KM 5 A die Anzeige am Millivoltmeter auf $100\% \pm 100$ Skalenteile gebracht werden kann. In welchem Meßbereich das erreicht wird, ist für die Messung unwichtig.

Nach der Calibrierung auf 100% kann die K_{ges} -Messung durch Drücken der Tasten 100% ... 1% am KM 5 A vorgenommen werden. Dabei ist zweckmäßigerweise mit dem 100%-Bereich zu beginnen und solange der nächstkleinere Bereich zu wählen, bis die Anzeige gut ablesbar ist. Der an der jeweiligen Taste angegebene Wert in % gibt den für Vollauschlag am Instrument geltenden Wert des Klirrfaktors an. Bei etwas Übung läßt sich am Schirmbild des MV 5-0 erkennen, welche Oberwelle den Hauptanteil des Klirrfaktors bildet.

Fig. 6: Test set-up to check the distortion factor

Test Procedure:

The test signal is supplied to input „b“ of the MV 5-0. Depress the „filter“ key on the MV 5-0 and depress the keys „1000 Hz K_{tot} “ and „Cal. 0 dBV“ of the KM 5 A. Set the range selector of channel „b“ of the MV 5-0 to move the millivoltmeter pointer deflection to $100\% = 100$ scale divisions, using the „Cal.“ control of the KM 5 A. The test range used is unimportant.

After calibration to 100%, measure the total harmonic distortion factor K_{tot} by depressing the buttons 100% ... 1% on the KM 5 A. It is advisable to start with the 100% range and to select the next lower range until a good deflection is obtained. The percentage value shown against the button refers to the full scale meter deflection. After a small amount of experience the screen display of the MV 5-0 will indicate which harmonic forms the major portion of the distortion factor.

8.5 Prüfung digitaler Schaltkreise oder Baugruppen

Das Rechtecksignal ist durch die geringe Anstiegszeit von ca. 30 ns zum direkten Ansteuern von TTL-Schaltkreisen geeignet. Durch Verändern der Ausgangsspannung kann z. B. die Ansprechschwelle von logischen Schaltkreisen getestet werden.

Für Versuche kann das Ausgangssignal auch als Zeitbasis von Zählern irgendwelcher Art benutzt werden. Allerdings ist hier die begrenzte Genauigkeit der Frequenzanzeige zu berücksichtigen.

8.6 Prüfung von Verstärkern mit Rechteckspannung

Das Rechtecksignal enthält durch seine steilen Flanken ein breites Frequenzspektrum und erlaubt deswegen eine rasche Prüfung der Übertragungseigenschaften verschiedener Verstärker, Filter oder sonstiger Vierpole. Zur Spannungsanzeige ist ein Oszilloskop erforderlich, dessen Bandbreite sowie Phasen- und Amplituden-Linearität besser als die des Meßobjektes sein sollte.

Vor Beginn einer Messung ist die Rechteckspannung dem Oszilloskop direkt zuzuführen, um die spätere Veränderung des Signales durch das Prüfobjekt möglichst genau beurteilen zu können. Besser ist es, das Prüfsignal auf einem Kanal eines Zweikanal-Oszilloskopes ständig abzubilden und das Verstärker-Ausgangssignal auf den zweiten Kanal zu geben.

Bei der Überprüfung von Stereoverstärkern kann es jedoch sinnvoll sein, die Ausgangssignale beider Verstärkerkanäle gleichzeitig auf dem Oszilloskop darzustellen.

Dadurch können die verschiedenen Bedienungselemente sehr schnell und unkompliziert auf Funktion und Übereinstimmung geprüft werden.

8.5 Testing of Digital Circuits or Assemblies

Due to its low rise time of approximately 30 ns, the square wave signal is especially suited to trigger TTL circuits directly. By changing the output voltage, the minimum operating current of logical circuits can for example be tested.

For tests the output signal can also be used as a time base of counters of any type. However, here the limited accuracy of frequency indication has to be taken into account.

8.6 Measurement of Amplifiers with Square Wave Voltage

Due to its steep slopes the square wave signal contains a wide frequency spectrum. Therefore it allows fast checking of the transmission characteristics of various amplifiers, filters or other four-poles. An oscilloscope is necessary for voltage indication. Its bandwidth as well as phase and amplitude linearity should, however, be better than the one of the object under test.

Before starting the measurement, the square wave voltage has to be fed directly to the oscilloscope to be able to judge the later alteration of the signal by the test object as exactly as possible. It is preferable to display the test signal permanently on one channel of a two-channel oscilloscope and to feed the amplifier output signal onto the second channel. When checking stereo amplifiers it may, however, be advisable to display the output signals of both the amplifier channels simultaneously on the oscilloscope.

Thereby all the control elements can be tested very fast and uncomplicatedly regarding function and harmony.

Die auf dem Oszilloskop sichtbaren Veränderungen des ursprünglichen Rechtecksignals lassen Rückschlüsse auf die Übertragungseigenschaften des Prüfobjektes zu.

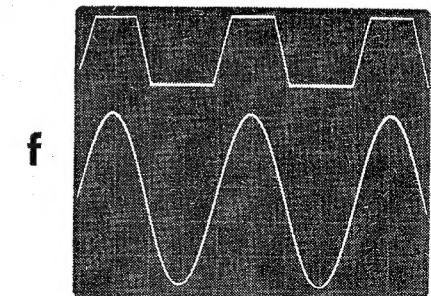
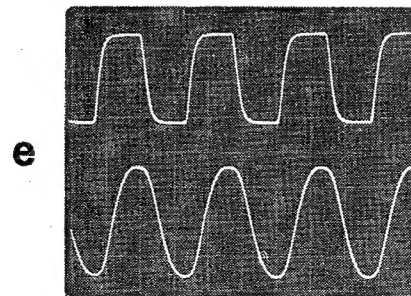
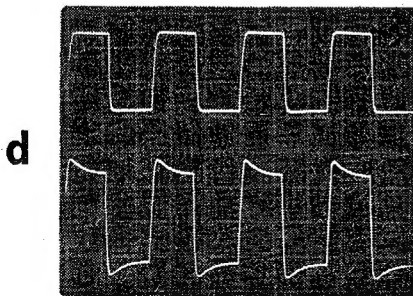
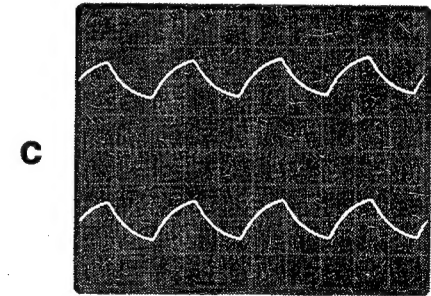
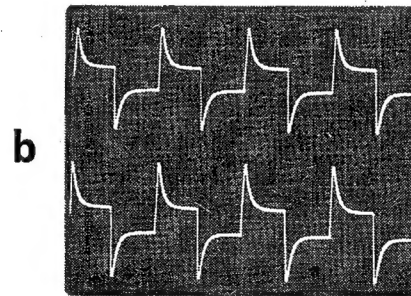
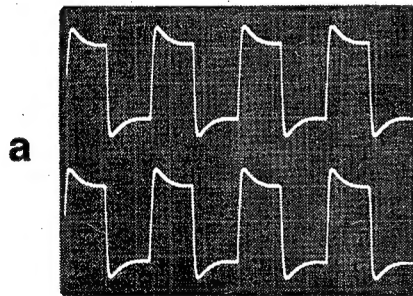
Messungen an einem Stereoverstärker (Linker Kanal = oben)

Eingangssignal „Rechteck“

- a) Balance, Baß- und Höhenregler in Mittelstellung
- b) Höhenanhebung c) Höhenabsenkung
- d) Taste „Linear“ gedrückt:
Linker Kanal: Frequenzgang linear
Rechter Kanal: Taste „Linear“ ohne Funktion
- e) Taste „Rauschen“ gedrückt:
Linker Kanal: Taste „Rauschen“ ohne Funktion
Rechter Kanal: Rauschen wird unterdrückt

Eingangssignal „Sinus“

- f) Linker Kanal: defekt (Signalspannung wird begrenzt)
Rechter Kanal: Richtiges Ausgangssignal



The visible changes of the original square wave signal allow it to draw conclusions regarding transmission characteristics of the object under test.

Measurement at a Stereo Amplifier (left channel = displayed in the upper section of the screen) Input Signal "Square Wave"

- a) balance, bass and treble control in mid position
- b) high frequency emphasis c) de-emphasis
- d) key "linear" depressed:
left channel: frequency response linear
right channel: key "linear" has no function
- e) key "noise" depressed:
left channel: key "noise" without function
right channel: key "noise" is depressed

Input Signal "Sine Wave"

- f) left channel: defective (input voltage is limited)
right channel: correct output signal

